Eine Muskelzugfraktur des aufsteigenden Sitzbeinastes als Sportverletzung

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und

einer Hohen medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Fritz Bermüller

Freilassing/Obb.

Carl Nieft, Buchdruckerei und Verlag, Bleicherode am Harz

1938

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

Referent: Professor Dr. Hubert Gebele.

Korreferent: Professor Dr. Magnus.

Tag der mündlichen Prüfung: 12. II. 1938.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Diese Dissertation ist gleichzeitig als Broschüre
im Verlag Carl Nieft, Bleicherode a. H., erschienen

Meinen lieben Eltern!

Inhaltsübersicht.

Seite

A. Einleitung 5

B. Spezieller Teil 6

C. Allgemeiner Teil 8

I. Physiologie der willkürlichen Bewegung 8

II. Die Aufzeichnung des Bewegungsverlaufes 11

III. Die Koordination willkürlicher Bewegungen 14

IV. Die kinetische Kette 15

V. Die Dynamische Korrelation 17

VI. Die Ermüdung 17

VII. Das Training 19

VIII. Einteilung der Muskelzugfrakturen 20

D. Epikrise 22

A. Einleitung.

Es hat sich gezeigt, daß in den letzten Jahrzehnten besonders durch den Einfluß des Sportes und der Leibesübungen, sowohl der Formenreichtum als die Häufigkeit der Muskelzugverletzungen außerordentlich zugenommen hat. Die Vielseitigkeit der Auffassungen im Schrifttum der letzten 20 Jahren ist recht groß im Hinblick auf die grundsätzlichen allgemeinen Ansichten über die Ursachen dieser Verletzungen. Um zu einer einheitlichen und allgemeingültigen Anschauung gelangen zu können, ist es notwendig, die Fülle der Erscheinungen mit unserem heutigen Wissen über Physiologie und Pathologie des Bewegungsapparates in Einklang zu bringen. In der vorliegenden Arbeit bereichere ich die Kasuistik um eine neue Form, die im Schrifttum noch nie beschrieben wurde. Bei der Abhandlung aller einschlägigen Kapitel der Physiologie und Pathologie, werde ich immer das für unser Thema Wichtige entsprechend herausheben. Die Frakturen durch Muskelzug sind ein Teil aus der Pathologie der kinetischen Kette, untereinander verbunden durch viele gemeinsame Eigenschaften, aber doch herausgerissen aus dem klinischen und biologischen Gebiet, dessen Grenzen eben durch den Begriff der kinetischen Kette gegeben sind. Willkürlich beschränkt und abgebrochen müssen daher die Abschweifungen auf die mitspielenden Gebiete erscheinen. (Physiologie, pathologische Anatomie, Tonusproblem usw.) Eine strenge Unterscheidung zwischen den Verletzungen, die durch Muskelzug erzeugt sind, und anderen Verletzungen ist in praxi nicht möglich, da bei den Muskelzugverletzungen fast immer andere äußere oder im Körper gelegene Gewalten mitwirken, während bei den durch äußere Gewalt erzeugten der Muskelzug auch meist eine Rolle spielt. Auch bei den Verletzungen, die wir als reine Muskelzugfrakturen ansprechen, wie die Brüche der Oberarmdiaphyse oder des Oberschenkels bei schleudernden Bewegungen, spielt das Trägheitsmoment eine große Rolle. In weiterer Fortsetzung

finden sich dann alle Übergänge bis zu den Frakturen, die nur durch von außen wirkende Kräfte zustande kommen und wo dem Muskelzug nur ein unwesentlicher, formgestaltender Einfluß zukommt.

Bezüglich der Geschichte der Muskelzugfrakturen möchte ich anführen, daß solche schon im Altertum bekannt waren (Patellarfraktur-Hippocrates). Muskelzugfrakturen am Beckenring hat zuerst Malgaigne beschrieben und zwar einen Bruch des absteigenden Schambeinastes. Ein Bruch des aufsteigenden Sitzbeinastes durch Muskelzug ist bisher in der Literatur nicht bekannt.

B. Spezieller Teil.

Im Dezember 1936 wurde in das Bezirkskrankenhaus Tegernsee ein 38jähriger Mann nach einem Skiunfall eingeliefert.

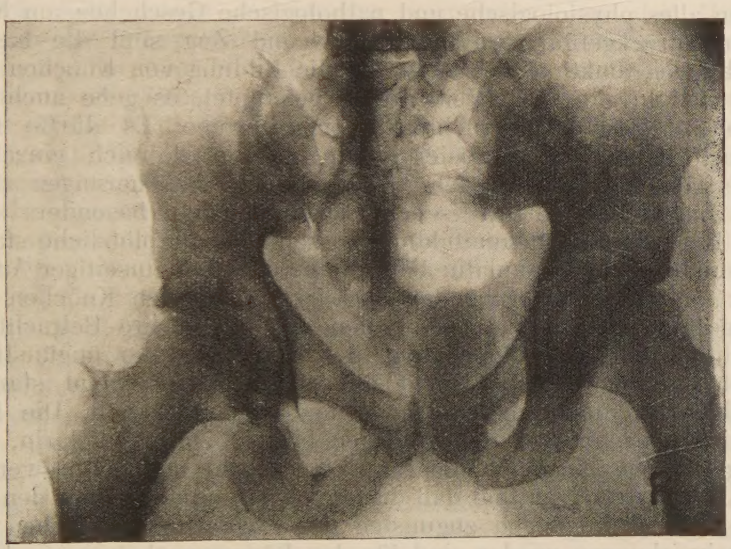
Anamnese: Familienanamnese ohne Besonderheit. Kinderkrankheiten: Masern, Keuchhusten. Sonst war Patient immer gesund. Seit ca. 10 Jahren treibt der Patient — von Beruf kaufmännisch Angestellter — sehr viel Sport, und zwar Skifahren, Klettern, Schwimmen. Besonders im Skifahren hat er es soweit gebracht, daß er große und als schwierig bekannte Touren allein unternehmen konnte. Bei Ausübung des Sportes hatte er nie irgendwelche Beschwerden, er war ausdauernd und geschickt. Am Tage des Unfalles kam der Patient, nachdem er tagsüber mit den Skiern dauernd unterwegs war, bei der Abfahrt in stark gebeugter Haltung in der Hüfte mit großem Schuß an eine Stelle, die plötzlich ganz steil einige Meter abfiel (natürliche Sprungschanze). Im letzten Augenblick erkannte er das Hindernis und suchte durch plötzliche Streckung des Körpers in der Hüfte und Drehung nach rechts nach dieser Seite hin auszuweichen. In diesem Moment spürt der Patient einen heftigen stechenden Schmerz am Sitzbein links in der Schenkelbeuge nach auswärts strahlend. Der Patient verliert dadurch den Halt, überschlägt sich, fällt mit dem Kopf auf die Skispitzen, zerschlägt sich 2 Zähne dabei und gleitet dann zur Seite.

Es wird von dem Verunglückten als vollkommen sicher angegeben, daß der Schmerz im Augenblick der plötzlichen Streckung und Zurückwerfens erfolgte. Er überschlug sich nur darum, weil eine weitere Streckung des Körpers und dadurch Verminderung der Vorlage infolge der heftigen Schmerzen an der bezeichneten Stelle nicht mehr möglich war. Bezeichnend ist, daß der Patient noch einigemal versucht hat, sich wieder vom Boden zu erheben,

da doch die schmerzende Stelle am Sitzbein keinerlei sichtbarer Gewalteinwirkung ausgesetzt war.

Klinische Erscheinungen: 167 cm großer, sehr muskulöser Patient. Fast kein Fettpolster. Kräftiges, normales Skelett. Keine Zeichen von Rachitis. Reflexe normal. An Herz und Lunge kein pathologischer Befund. Der Patient hat im Ganzen gute Muskulatur, doch ist die der unteren Extremitäten, speziell der Oberschenkel, sicher auffallend stark ausgebildet. Der Umfang 10 cm oberhalb der Patella: 48 cm, 20 cm oberhalb der Patella: 56 cm.

Der Patient hält das linke Bein in der Hüfte in leichter Beugestellung von 160°, im Knie in Beugung von 100°. An der Haut ist keine Verletzung, Abschürfung oder dergleichen sichtbar. Die Gegend des linken Sitzbeines stark druckempfindlich, außerdem am Trochanter Stauchschmerz. Fremdtätig kann jedoch das linke Bein gebeugt und gestreckt werden, ebenso ist in beschränktem Maße eine leichte Außenrotation möglich; nur die Innenrotation ist aufgehoben. Wasser lassen geht. Harn: o. B.



Das Röntgenbild (siehe Abb.) zeigt einen Beckenstückbruch am oberen Ende des aufsteigenden Sitzbeinastes nahe der Gelenkpfanne mit geringer Verschiebung nach außen und entsprechender Einknickung des absteigenden Schambeinastes durch übermäßige Biegungsbeanspruchung desselben. Sonst sind röntgenologisch keine Veränderungen am Knochen nachweisbar.

Die Therapie bestand in 3 Wochen Bettruhe. Das Resultat war eine knöcherne Heilung in guter Stellung und mit guter Funktion.

C. Allgemeiner Teil.

I. Physiologie der willkürlichen Bewegung.

Bekanntlich zeigt der Knochen eine innere Architektur, die aus senkrecht aufeinandergerichteten Druck- und Zugbälkchen zusammengesetzt ist und der Aufgabe des Knochens vollkommen angepaßt erscheint. Auch in der Compacta wurde eine entsprechende Architektur nachgewiesen. Bei abweichender Beanspruchung ändert sich auch die Knochenstruktur im Sinne der Anpassung an die neuen Verhältnisse. Das ganze Leben hindurch bestehen auch im erwachsenen Knochen nebeneinander Knochenneubau und Knochenabbau und es findet infolgedessen ein ständiger, langsamer Umbau des ganzen Knochens statt. Auf diese zwei Prozesse kann alles physiologische und pathologische Geschehen am Knochen zurückgeführt werden. Druck und Zug sind die hauptsächlichen funktionellen Reize für die Bildung von Knochen. W. Müller führt an, daß Weidenreich behauptet, es gebe auch ein rein auf Zug beanspruchtes Knochengewebe. Es dürfte sich jedoch dabei um lokalisierte Vorgänge im Bereich einzelner Oberflächenbezirke handeln, wie Bänderverknöcherungen usw. Die Zugwirkung allein erscheint jedenfalls kein besonders starker Reiz zur Knochenumbildung zu sein. Da die plötzliche starke Ausbildung der Muskulatur beim Sport oder bei einseitiger Arbeit fast nur eine Steigerung der Zugwirkung auf den Knochen zur Folge hat, so ist in diesen Fällen, die für unsere Betrachtung wichtig sind, anzunehmen, daß der Knochen unter ungünstigen Verhältnissen vielleicht nicht mit einem entsprechend starken Umbau zur funktionellen Anpassung reagieren kann. Die Einseitigkeit bestimmter Sportübungen besteht zum Teil darin, daß Zugwirkungen ungleich mehr hervorgebracht und geübt werden als Druckwirkungen und daß dieses Verhältnis gegenüber den natürlichen Bedingungen zugunsten der Zugkräfte verschoben ist. Druckwirkungen wieder sind für das Längenwachstum ein hemmender Faktor; die Längenentwicklung geht ohne dieselben unverändert, ja sogar besser vor sich.

Weitgehend abhängig ist das Knochenwachstum von der erbbiologischen Anlage und von den inner-sekretorischen Drüsen, die nicht nur das Längenwachstum beeinflussen, sondern auch in geringerem Grade das Dickenwachstum.

Der Knochen hat eine sehr große Zugfestigkeit, durchschnittlich 10 kg p. mm². Deshalb ist der gesunde Knochen normalerweise so widerstandsfähig gegen mechanische Beanspruchungen, daß ein Mißverhältnis zwischen Beanspruchung und Tragfähigkeit praktisch wohl kaum besteht. Damit ist gleichzeitig gesagt, daß die Ursache der Gleichgewichtsstörung von Knochenbeanspruchung und Knochenleistungsfähigkeit fast stets in einer Veränderung des Knochens, vorzüglich der Wachstumszonen mit zu suchen sein wird. Wo dies ausnahmsweise nicht zutrifft, muß die Muskelleistung eine ganz außerordentliche sein, wozu, wie wir später sehen werden, verschiedene Voraussetzungen notwendig sind (Raschheit, Versteiftheit, Affektbetontheit).

Die quergestreiften (willkürlichen) Muskeln setzen sich aus einzelnen Muskelfasern von 10—100μ Breite und 5,3—9,8 cm Länge zusammen. Innerhalb kurzer Muskeln verlaufen die Muskelfasern durch die ganze Länge der Muskeln, innerhalb der längeren sind die zugespitzt verlaufenden Enden der Fasern durch Kittsubstanz miteinander verbunden. Bei der Hypertrophie der Muskulatur kommt es zu einer Dickenzunahme der Fasern. Über eine von einigen Autoren angenommene Längenzunahme der Fasern gehen die Meinungen auseinander. Jedenfalls entspricht die Tatsache der Dickenzunahme dem Roux'schen Satz, daß die stärkere Funktion ein Organ nur in denjenigen Dimensionen vergrößert, welche die stärkere Funktion leisten. Es ist durchaus nicht leicht Hypertrophie im objektiven Sinne nachzuweisen. Wir sind dabei fast immer nur auf den Vergleich mit dem symmetrisch gelegenen Muskel angewiesen.

Bei dem Übertritt der motorischen, markhaltigen Nervenfaser in die Muskelfaser verschmilzt das Neurilemma unmittelbar mit dem Sarkolemma, das Nervenmark hört auf, während der Achsenzylinder in eine abgeplattete Verästelung eingeht, die Nervenendplatte, die in eine feinkörnige, kernhaltige Anhäufung von Sarkoplasma eingebettet ist. Außer vom cerebrospinalen wird der quergestreifte Muskel auch vom autonomen Nervensystem durch centrifugale Nerven (accessorische Fasern) versorgt. Diese Innervation ist mit dem Tonus der Muskeln in Zusammenhang gebracht worden, doch ist ihre physiologische Bedeutung noch völlig unklar. Auch sensible Nerven kommen im Muskel vor. (Sherrington).

Die Elastizität des ruhenden Muskels ist nur klein aber vollkommen, d. h. durch kleine Gewichte wird der Muskel bereits stark gedehnt, aber nach Aufhören der Dehnung kehrt der Muskel genau in seine ursprüngliche Form zurück; aber diese

Rückkehr geschieht nicht gleichmäßig; der Muskel hat, wie andere organische Objekte, ausgesprochen elastische Nachwirkungen. Wenn der Muskel von einem angehängten Gewicht gedehnt wird, erreicht er nicht sofort seine definitive, der betreffenden Belastung entsprechende Länge, sondern das letzte Stück der Dehnung geschieht verhältnismäßig sehr langsam. Genau dasselbe zeigt sich, wenn der Muskel wieder entlastet wird, er nimmt nicht sofort seine ursprüngliche Länge ein, das letzte kleine Stück der Verkürzung geht sehr langsam vor sich. Diese Nachwirkungen (Nachdehnung, Nachschrumpfung) sind eine Art Sicherheitsventil für den Organismus, da die Spannungen, deren der Muskel maximal fähig ist, so groß sind, daß sie für die Integrität, sowohl der Muskel als der Knochen eine bedeutende Gefahr involvieren würden, wenn die Elastizitätsgrenze der Muskel plötzlich erreicht würde. Die Nachwirkungen sind für den Muskel unzweifelhaft hauptsächlich auf Verschiebungen zwischen den verschiedenen Strukturelementen zurückzuführen. Bei gleichmäßig zunehmender Belastung erfolgt nicht eine gleichmäßige Dehnung, wie oben schon angeführt, sondern den gleichen Gewichtszulagen entsprechen, je höher die Belastung steigt, immer geringere Dehnungszunahmen, d. h. das Elastizitätsmaß des untätigen Muskels wächst mit seiner zunehmenden Dehnung.

Im Körper befinden sich die Muskeln bereits in einem geringen Grade der Dehnung; nach Loslösung des Muskelansatzes zieht sich der Muskel daher etwas zurück. Diese geringe Dehnung ist bei eintretender Zusammenziehung von Wichtigkeit, da sich im anderen Falle der Muskel erst um einen gewissen Betrag zusammenziehen müßte, bevor er bewegend auf die Knochen wirken könnte. Der tätige Muskel ist dehnbarer als der ruhende, er wird also durch dasselbe ziehende Gewicht noch mehr verlängert als der ruhende. Er hat einen niedrigeren Elastizitätskoeffizienten und eine kürzere Ruhelänge (Gleichgewichtszustand). Die für den Muskel charakteristische Eigenschaft, wodurch er von anderen elastischen Körpern abweicht, ist also die, daß er unter Einwirkung von Reizen plötzlich seine Elastizitätskonstanten verändert und als ein neuer elastischer Körper auftritt.

Die Muskeln sind die vollkommensten Kraftmaschinen, die wir kennen. Durch häufig wiederholte Arbeitsleistung (Übung) werden sie stärker und ausdauernder. Die Muskelkraft ist dem Querschnitt des Muskels proportional; die Hubhöhe ist der Länge der Muskelfaser proportional. Die Kraft, mit der ein Muskel bei der Zusammenziehung auf den Knochen bewegend wirkt, ergibt

sich aus den Hebelgesetzen. Dabei kann der Muskel als einarmiger (Biceps, Deltoideus, Quadratus femoris) oder zweiarmiger (Triceps) wirken. Auch eine doppelte Bewegung können einzelne Muskeln verursachen, z. B. fungiert der Muskulus biceps brachii als Beuger oder Auswärtsroller des Vorderarmes. Nach dem Schwann'schen Gesetz sinkt die elastische Zugkraft des Muskels mit fortschreitender Verkürzung sehr rasch. Je mehr ein Muskel überdehnt wird, um so größer werden auch Kontraktionsfeld und Kontraktionskraft (aktive Zugkraft) des Muskels. Deshalb ist besonders bei mehrgelenkigen Muskeln auch die Wirkung eines Muskels auf das Gelenk weitgehend von der Stellung des benachbarten Gelenkes abhängig: Ein Umstand, der für das Entstehen von Muskelzugverletzungen von besonderer Bedeutung ist.

Die Mechanik der Gelenke beherrscht zwingend die Art und Richtung der Bewegung. Eine sehr wichtige Rolle bei der Hemmung der Gelenkbewegungen haben neben den Hemmungsbändern die Muskeln. Alle Teile des Bewegungsapparates stehen in engster Wechselwirkung. Jede Veränderung an einem Teil wird sich unmittelbar und voll an allen anderen Teilen auswirken.

II. Die Aufzeichnung des Bewegungsverlaufes.

Eine scharfe Abgrenzung der willkürlichen von der unwillkürlichen Bewegung ist nicht gut möglich; es bestehen vielmehr in Wirklichkeit fließende Übergänge zwischen beiden Bewegungsarten.

Es ist nicht etwa so, daß die willkürliche Bewegung ein aus verschiedenartigen Einzelteilen Zusammengesetztes darstellt, daß sie einmal aus „eigentlich willkürlichen", weil bewußt durch einen Bewegungsentwurf beeinflußten Teilen besteht und demgegenüber zweitens aus unbewußten, automatischen, von diesen unabhängigen Teilen. Gewiß werden in jeder willkürlichen Bewegung große Teile unbewußt, automatisch ausgeführt, darum aber doch nicht unabhängig, unbeeinflußt von der sich auswirkenden Bewegungsabsicht, was sich schon darin zeigt, daß auch diese Teile bewußt oder unbewußt solange abgeändert werden, bis die Bewegungsabsicht erreicht ist. Daraus ergibt sich, daß jede normale willkürliche Bewegung, ob bewußt oder unbewußt ausgeführt, als ein durch die jeweilige Bewegungsabsicht bestimmtes einheitliches Ganzes begonnen und durchgeführt wird. Dies wird dadurch gewährleistet, daß alle Teilfaktoren, selbst die am meisten automatischen, wie z. B. die Sehnenreflexe oder so „rein

passive" wie die Elastizitätsverhältnisse der Muskeln, den Zwekken der Bewegungsabsicht entsprechend mitverändert werden.

Demgemäß kann die Abgrenzung zwischen willkürlichen und unwillkürlichen Bewegungen nicht danach erfolgen, ob die Bewegung bewußt auf Grund einer besonderen Bewegungsvorstellung ausgeführt worden ist oder nicht. Das wesentliche Kennzeichen der willkürlichen Bewegung ist nicht, daß sie bewußt absichtsmäßig ausgeführt wird, denn die bewußte Absicht kann fehlen, sondern das wesentliche Kennzeichen ist, daß sie bewußt oder unbewußt absichtsgemäß ausgeführt wird.

Die Form einer Bewegung ist bestimmt durch bewegende und bremsende Kräfte. Als bewegende Kräfte kommen in Frage: 1. aktive, nämlich die durch Muskelkontraktionen entwickelten Spannkräfte und 2. passive, nämlich a) die Schwerkraft und b) alle möglichen sonst von außen auf das Glied wirkenden Kräfte (Effektivkräfte). Diese können ihren Ursprung auch in anderen Teilen des Körpers haben, wie z. B. die bei der Bewegung anderer Glieder auf das untersuchte ausgeübten Kräfte, und c) innere passive Kräfte, nämlich die Elastizitätskräfte der Gewebe des Gliedes, der Muskeln, Gelenkbänder, Haut. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß nicht während des ganzen Bewegungsablaufes irgend welche Kräfte auf das Glied einzuwirken brauchen, sondern daß die einmal in Gang gesetzte Bewegung allein durch das Trägheitsmoment weitergeführt werden kann. Als bremsende Kräfte kommen in Frage: 1. die aktiven Spannkräfte der der Bewegungsrichtung entgegenwirkenden Muskeln (Antagonisten); 2. passive Kräfte, nämlich a) die Schwerkraft, b) Effektivkräfte, d. h. äußere Kräfte, wie z. B. Widerstände, und c) die elastischen Kräfte der durch die Bewegung gedehnten antagonistischen Gewebe und d) die Reibung.

Bei der Bewegung unterscheiden wir in funktioneller Hinsicht Agonisten, die die Bewegung beschleunigen und Antagonisten, die sie hemmen. Synergisten sind die Muskeln, deren Tätigkeit zur Sicherung der koordinierten Ausführung der Bewegung irgendwie unbedingt erforderlich ist. Sie sind jedoch an der eigentlichen Gelenkdrehung weder beschleunigend noch bremsend beteiligt. Beispiele solcher Synergistentätigkeit sind Fixierung des proximalen Gliedes (z. B. des Schulterblattes beim Seitwärtsheben des Armes) oder Verhinderung seitlicher Abweichung von der intendierten Bewegungsrichtung. Die Stärke der Kontraktion der Agonisten und Synergisten ist proportional; dadurch kommen geordnete Bewegungen zustande. Ein Muskel kann an einer

Bewegung gleichzeitig als Synergist und als Antagonist beteiligt sein.

Überblickt man das Zusammenwirken der Kräfte bei den verschiedenen Geschwindigkeiten, so ergibt sich, daß man bei sehr schnellen Bewegungen im Verhältnis zu mäßig schnellen und langsamen Bewegungen sehr kräftige Antagonistentätigkeiten sieht, die sich zu Beginn der Bewegung in einer kurzen Periode heftigster Tätigkeit zusammendrängen. Während des ganzen Ablaufes der Bewegung bleiben die Agonisten dann völlig untätig. Bei schnellen Bewegungen werden demnach zu deren Beginn durch heftige Agonistentätigkeiten erhebliche Trägheitskräfte entwickelt, durch welche die Bewegung dann allein durchgeführt wird. In der zweiten Bewegungshälfte kommt es dann zu einer kräftigen, schnell einsetzenden Contraktion der Antagonisten, wodurch das Abbremsen der Bewegung nicht allein den langsamen passiven Elastizitätskräften und der Reibung überlassen wird.

Diese aktive Bremsung ist notwendig, da die Trägheitskräfte mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen. Dadurch kommen aber bei sehr schnellen Bewegungen, sowohl am Beginn derselben als beim Einsetzen der antagonistischen Bremsung besonders starke Kräftewirkungen zustande, weshalb unter geeigneten Voraussetzungen gerade in diesen Momenten Muskelzugverletzungen entstehen können.

Eine weitere zwanglose Erklärung für die unverhältnismäßige Steigerung der Muskelwirkung bei affektbetonten schnellen Bewegungen ist die, daß man in der Regel nicht imstande ist, willkürlich alle seine Muskelfasern zu innervieren. Es haben nämlich die corticalen Zentren nur mit einer gewissen Prozentzahl derselben Verbindung, abhängig von dem Vermögen des Individuums zur „motorischen Konzentration" und vom Trainingszustande. So ist es eine wohlbekannte Tatsache, daß Menschen unter dem Einfluß von psychischen Affekten z. B. Angst, eine bedeutend größere Muskelkraft entfalten können, als „mit dem besten Willen" unter ruhigen Verhältnissen.

Das periodische Alternieren zwischen Agonisten und Antagonisten ist zweifellos das Grundprinzip der willkürlichen Bewegung. Es ist das aber kein starres unwandelbares Prinzip, denn es kann im Gegenteil in eine ganz gleichmäßige Dauerkontraktion übergeführt werden. Fast immer haben wir es mit einer Kombination von Bewegungs-, Haltungs- und Versteifungsinnervation zu tun.

Bei kraftbetonten Bewegungen handelt es sich im praktischen Leben immer um eine Versteifungsinnervation, die unter Anspan-

nung aller Muskeln einhergeht und bedeutend mehr Kraftentfaltung in den Muskeln beansprucht als die ökonomische Bewegungsinnervation. Sie gewährleistet die Sicherheit der Erreichung und Festhaltung eines erstrebten Bewegungszieles. Dagegen tritt sogar die auf möglichste Ökonomie gerichtete Bewegungsinnervation zurück. Der normale Bewegungsapparat ist allen Anforderungen weitgehend gewachsen. Die Versteifungsinnervation ist daher immer Voraussetzung für das Zustandekommen von Muskelzugverletzungen bei normalem Gewebe, weil diese Verletzungen immer eine besondere Kraftentfaltung verlangen. Dementsprechend ist die rhythmische Gymnastik, die gegen die Versteifung der Bewegungen arbeitet, als Ergänzung des Sportes und als Gegengewicht gegen Berufsarbeit eine ausgezeichnete Prophylaxe für das Entstehen von Muskelzugverletzungen.

Es besteht eine weitgehende Anpassung der aktiven an die passiven Kräfte. Diese erfolgt nun, wie Clauss und v. Weizsäcker zeigten, auch dann noch, wenn die passiven Kräfte erst während der Bewegung einzuwirken beginnen. Ferner wird den passiven Kräften nicht nur dann durch entsprechende Veränderungen der Muskeltätigkeit Rechnung getragen, wenn sie als Außenkräfte an das Glied herantreten, sondern ebenso gut auch dann, wenn sie erst durch die Bewegung selbst als Innenkräfte entwickelt werden. In allen Fällen aber ist in allererster Linie die Bewegungsabsicht und nicht die Verteilung der passiven Kräfte derjenige Faktor, der das für die betreffende Bewegung typische Einsetzen der Muskeltätigkeiten bestimmt.

Es besteht wohl eine Anpassung der aktiven an die passiven Kräfte, nicht dagegen, oder wenigstens nicht in erster Linie, eine Auslösung der ersteren durch die letzteren. Dies kann nur das Werk der Bewegungsabsicht sein, allerdings unter Berücksichtigung der starken Trägheitskräfte, die sich früheren Erfahrungen nach bei der Verwirklichung dieser Absicht vermutlich einstellen werden. Für den reibungslosen Ablauf einer in Gang gesetzten Bewegung ist daher die richtige Einschätzung der passiven Kräfte auf Grund der Erinnerung die Voraussetzung.

III. Die Koordination willkürlicher Bewegungen.

Unter Würdigung der Lehren der Physiologie, die allerdings in diesem Punkte noch widersprechend zu sein scheinen, kann man behaupten, daß die Gestörtheit der Koordination nur in seltenen Fällen die Ursache für eine Muskelzugverletzung abgeben.

Bei der mannigfachen Abhängigkeit der Bewegungsausführung wird es verständlich, daß diese selbst bei einfachsten Bewegungsformen nicht unter allen Umständen koordiniert, d. h. der Bewegungsabsicht entsprechend sein kann. Forschen wir nach den Gründen der schon normalerweise nachweisbaren kleinen Inkoordinationen, so sind diese nach den eben über die Abhängigkeit der Bewegungsausführung Erörterten zu suchen durch die a) Grenzen der Koordinationsfähigkeit auf der psychischen Seite des Geschehens; dies tritt besonders hervor, wenn die Bewegung gleichzeitig mehreren Anforderungen entsprechen soll, b) durch die Grenzen der Koordinationsfähigkeit infolge der Eigenart des physiologischen Bewegungsmechanismus. Hier liegen wieder zwei Möglichkeiten zu Inkoordinationen vor, entweder die Unzulänglichkeit der aktiven oder das Übermaß der passiven Kräfte.

Wir sind daher nur berechtigt, dort eine Störung der Koordination anzunehmen, wo diese Störung einwandfrei erwiesen ist. Wenn man bedenkt, daß nach den Regeln der Physiologie eine affektbetonte oder unzweckmäßige Bewegung noch keine koordinationsgestörte zu sein braucht, so ist es wahrscheinlich, daß die Koordinationsstörung eine seltene Ursache für das Entstehen der Muskelzugverletzung ist.

IV. Die kinetische Kette.

Wer sich etwas eingehender mit der Pathologie der Gelenke beschäftigt, kommt bald darauf, daß die Muskeln sowohl bei der Entstehung, als bei der Behebung von Schädigungen durch Verletzungen oder Erkrankungen eine ebenso bedeutsame Rolle spielen, als der von ihnen als Erfolgsorgan geführte Bewegungsapparat. Das Beachten des Gesamtorganismus und des Zusammenspieles aller seiner Glieder ist auch für das biologische Verständnis jedes Bewegungsvorganges unerläßlich. Payr hat dafür den Begriff der „kinetischen Kette" eingeführt und versteht darunter „die Gesamtheit aller für die willkürlichen Bewegungen von Körperteilen maßgeblichen, Energien schaffenden, sie fortleitenden und zur mechanischen Auswirkung an den Erfolgsorganen führenden, aber auch über die erfolgte Lageveränderung, ihr Ausmaß, über Kraftleistung und Betriebseinstellung Aufschluß und Gegenbefehl gebenden Organe und Organsysteme und der ihnen zukommenden Leistungen."

Der Verlauf der Kette ist ein langgestreckter, weil gliederreicher. Die einzelnen Glieder gehören ganz verschiedenen „Systemen" mit den zugehörigen Gewebselementen an (Zentralnerven-

system und Leitungsbahnen, kontraktile Substanz, Skelettstück und Gelenkverbindung, sympathische Bahnen). Kein Glied ist bedeutungslos. Nur das harmonische Zusammenspiel aller gewährleistet normalen Funktionsablauf. Jede Schädigung an einem Glied der Kette verursacht zwangsläufig eine Störung in der gesamten Kette.

Die kinetische Kette führt in ihrem aktiven Gliederanteil vom motorischen Rindenfeld durch den Muskel zum Skelettansatz. Mit Sehnen, Knochen und Gelenkverbindung beginnt ihr passiver Gliederanteil, welcher von verschiedenen nervösen Endapparaten auf verschiedenen Bahnen zum Gehirn zurückführt. Damit ist nur die ganz grobe Anatomie aufgezeigt.

Ihre Funktion bedeutet den gesamten Inhalt des Bewegungsbetriebes. Sie fühlt und weiß alles, denkt an alles und macht alles. Sie sorgt für Aufrechterhaltung des geordneten Betriebes, sie schützt die passiven Kettenglieder durch Warnungszeichen, wenn nötig, durch Teilsperre eines Abschnittes vor weiterem Schaden.

Damit ist es möglich die Ätiologie der Störung von Bewegungen, die nicht auf sichtbaren Veränderungen der Erfolgsorgane beruhen, auf eine konkrete Basis zu stellen. Wie die Schädigung eines Gelenkes zwangsläufig zu einer Reaktion der aktiven Glieder der kinetischen Kette in Form des sekundären Hartspanes führt, wird jede Schädigung des Muskels Sekundärveränderungen im Gelenk und an den Knochen und schließlich in den anderen Kettengliedern hervorrufen. Eine über das biologisch richtige Maß hinausgehende Betätigung der Muskulatur wird schließlich zu einer Veränderung des Tonus, welcher die Härte und Dehnbarkeit des Muskels darstellt, führen. Der veränderte Tonus wirkt sich zwangsläufig auf die Funktion des Gelenkes und damit auf die Statik des Knochens aus, die wieder ihrerseits zu Veränderungen in der Knochenstruktur Veranlassung geben kann. Es kommt zu einer Veränderung des Nervensystems und zwar der sensiblen Endigungen in den erkrankten Erfolgsorganen und auch zu einer Beeinflußung jener Faktoren, die unmittelbar auf die Vorgänge im Gehirn wirken, die eine Bewegung leiten. Durch das Training einer bestimmten Muskelgruppe erfolgt eine Verschiebung der dynamischen Korrelation des Muskel-Knochensystems und damit eine Änderung der anatomischen Struktur des Muskels, des Gelenkes und des Knochens. Die neuen Widerstandsverhältnisse des Gewebes werden sich im Cerebrum zwar soweit eingeprägt haben, daß sie für diese eingeübte Bewegung berücksichtigt werden. Bei einer zufälligen Bewegungskombination aber, die das veränderte Gewebe nur synergisch mit benützt,

steht dem Cerebrum keine Erfahrung über den neuen Gewebswiderstand im Rahmen dieser Bewegung zur Verfügung. Die richtige Erfahrung der passiven inneren Widerstände ist aber, wie oben schon dargelegt, eine unbedingte Voraussetzung für die richtige Anlage einer Bewegung. Wir haben dann in dem entferntesten Glied der Kette, dem Zentrum im Gehirn, die Funktionsstörung. Diese Schädigung in der Funktion des corticalen Zentrums kann sich unter Umständen an der Peripherie sehr ungünstig auswirken.

Es liegt also jeder Muskelzugverletzung, die wie meist auf einer Gewebsschädigung beruht, eine Schädigung aller Glieder der kinetischen Kette zugrunde. Daher darf man die Schädigung des Muskels, der Sehne, des Knochens allein nicht als Ursache der Verletzung ansprechen, sondern muß auch die übrigen Glieder der Kette berücksichtigen.

V. Die Dynamische Korrelation.

Bei Betrachtung des Verletzungsvorganges finden wir meist, daß die Fraktur überhaupt wenig während einer Berufsbeschäftigung erfolgt, als vielmehr die Konsequenz einer in ihrer Anordnung ziemlich seltenen Kraftverwendung zu sein pflegt.

Die richtige dynamische Korrelation, die mit der Koordination nicht verwechselt werden darf, ist die Voraussetzung für gute körperliche Leistungen. Wir verstehen darunter das Verhältnis der funktionellen Kräfte aller Teile des Bewegungsapparates zueinander.

Die Wirkung eines Muskels ist nicht allein von seiner Kontraktionskraft, sondern auch von der Stellung der in Beziehung stehenden Gelenke und von der Arbeit der Synergisten abhängig. Die Steigerung der Kraft eines Muskels geht Hand in Hand mit der Steigerung der Zugfestigkeit des zugehörigen Knochens. Diese gesteigerte Muskelkraft kann jedoch unter Umständen auch die Wirkung anderer benachbarter Muskeln beeinflußen und wenn es sich dabei um eine selten geübte Bewegungskombination handelt, so ist es möglich, daß dieser verstärkten Muskelwirkung in diesem Falle keine verstärkte Zugfestigkeit des Knochens gegenübersteht. Damit ist das Entstehen einer Muskelzugfraktur begünstigt.

VI. Die Ermüdung.

Die Ermüdung ist eine Erscheinung, die nur teilweise unter die Muskelphysiologie im eigentlichen Sinne gehört. Ermüdung ist ein sehr weiter Begriff, den man, unbestimmt definiert, auf

den lebenden Organismus als ein Ganzes verwenden kann, ebenso wie man von psychischer Ermüdung als Gegensatz zur somatischen sprechen kann.

Die somatische Ermüdung läßt sich ihrerseits mit mehr oder weniger Sicherheit auf einzelne Organsysteme oder Organe lokalisieren. Man darf also annehmen, daß die nervöse Ermüdung im eigentlichen Sinne des Wortes, also Ermüdung in den Neuromen, ihren Sitz in den nervösen Zentren hat, wobei die leitenden Organe, die Achsenzylinder oder Neurofibrillen, sowohl im Verhältnis zu den Zentren als im Verhältnis zu den motorischen Endplatten eine so hohe Ermüdungsgrenze haben, daß man bei Ermüdungsuntersuchungen von diesen ganz absehen kann. Die zentrale Ermüdung, in ihrer chronischen oder subchronischen Gestalt unter dem Namen von Übertraining in der Sportwelt bekannt und gefürchtet, manifestiert sich als versagendes Koordinationsvermögen. Dabei wird das Zusammenspiel zwischen den einzelnen Muskelgruppen, die an einer komplizierten Bewegung teilnehmen, unsicher und tastend und die einzelnen Muskeleinheiten innerhalb derselben Synergie treten mit verschiedener Phase ein.

Werden überphysiologische Anforderungen an den Körper gestellt, so können die verschiedenen Teile des Bewegungsapparates mit der Adaption nicht mehr nachkommen. Die Gewebe sind nicht mehr imstande den übersteigerten Reizen entsprechend durch Umbauprozesse Genüge zu tun. Alle Teile des Bewegungsapparates leiden mit der Zeit in ihrem anatomischen und funktionellen Gefüge. Die Gewebe werden durch die überphysiologische Inanspruchnahme bei übertriebener einseitiger Sportbetätigung funktionell und anatomisch geschwächt und erleiden strukturelle Schäden.

Uns interessiert mehr die gewöhnliche, leichte psychische Ermüdung. Sie führt zu Abgespanntheit und Unaufmerksamkeit und kann veranlassen, daß ein Mensch eine Bewegung bezüglich des Zieles falsch intendiert, indem er ein äußeres Hindernis übersieht oder den Widerstand der Gewebe, also ein passives inneres Hindernis falsch beurteilt. Infolgedessen ist aber nur der Entwurf der Bewegung bezüglich des Zieles falsch. Die Koordination der einmal intendierten Bewegung ist in ihrem ganzen Ablauf richtig. Diese Unaufmerksamkeit, die zu einem falschen Bewegungsimpuls führt, kann ebenso durch Erschrecken veranlaßt sein, wobei in diesem Falle noch dazukommt, daß die Bewegung meist als sehr rasche und plötzliche angelegt wird,

weshalb es in diesen Fällen besonders leicht zu Muskelzugfrakturen kommt.

VII. Das Training.

Unter Training verstehen wir ein fortgesetztes, methodisches Einüben gewisser Bewegungen zu dem Zweck, die Sicherheit, Kraft und Ausdauer des Organismus auf motorischem Gebiet zu vermehren. Während des Trainings arbeitet man nicht ausschließlich mit seinen Muskeln und Knochen, sondern auch mit seinem Nervensystem, indem Einübung und Verfeinerung der nervösen Koordination ein sehr wichtiges Glied des Trainingsprozesses ist. Eine andere und wesentliche Seite des Trainings besteht in möglichst guter Anpassung der respiratorischen und zirkulatorischen Funktionen an die vorliegende Aufgabe. Der Sport stellt an den Bewegungsapparat außerordentlich große und ungewöhnliche Anforderungen. Der Körper ist natürlich imstande, sich bis zu einem gewissen Grade geforderten Mehrleistungen anzupassen. Aber auch hier gibt es ein Optimum, das weitgehend von der individuellen Anpassungsfähigkeit des Individuums abhängt.

Der Einfluß des Sports ist in diesen Beziehungen natürlich gleichzusetzen dem Einfluß einseitiger und übersteigerter körperlicher Arbeit auf Grund beruflicher Beschäftigung. Von der Sportbetätigung werden sämtliche Glieder der kinetischen Kette beeinflußt. Der primäre Angriffspunkt ist das Gelenk, der Knochen, Muskel oder ein anderes Glied der Kette.

Die Form und der Aufbau werden im allgemeinen am Knochen durch die funktionelle Steigerung im Sinne der Kräftigung beeinflußt. Es werden jedoch auch Schädigungen, also Veränderungen atrophischer Art gefunden. Solche Schädigungen, (krankhafte Wucherungen, ossifizierende Proliferationen des Knochens) treten vor allem an den Angriffspunkten der passiven und aktiven Kräfte auf. Neben diesen proliferierenden Knochenveränderungen finden wir auch verminderten Anbau, Atrophie. Dazu gehören auch die Umbauzonen des Knochens, wenn sie infolge beim Training erlittener traumatischer Einflüsse zustande kommen, sowie die anderen durch Trauma bedingten atrophischen Prozesse.

Bei unverhältnismäßiger Hypertrophie eines Teiles des Bewegungsapparates kommt es zu einer relativen dynamischen Insuffizienz. Für den reibungslosen Ablauf einer Bewegung ist es notwendig, daß der Mensch stets die Grenze der Beanspruchbarkeit

seiner Gewebe gegenwärtig hat und diese Erfahrung schöpft er aus der gewohnten Bewegung. Wenn außergewöhnliche und einseitige körperliche Tätigkeit so gesteigert werden, daß sie schließlich an Stelle der gewohnten Bewegung treten, so werden die zentralen Vorgänge natürlich mitverschoben. Die psychomotorische Einstellung dieses Menschen zu Bewegungen, die der körperlich vielseitig beschäftigte Mensch in vollendeter Übung beherrscht, wird notwendigerweise nicht mehr so selbstverständlich und zwanglos sein, wie beim normalen Menschen. Aus diesem Mißverhältnis zwischen Inanspruchnahme und physiologischer Organfunktion ergibt sich mit der Zeit eine relative dynamische Insuffizienz der Glieder der kinetischen Kette. Dieser Umstand kann in vielen Fällen die Ursache für das Entstehen von Muskelzugfrakturen sein.

Auch der normale Körper besitzt einen gewissen Grad von latenter dynamischer Insuffizienz des Bewegungsapparates. Sie wird verstärkt durch ein Mißverhältnis zwischen Muskelkraft und Knochenfestigkeit bei bestimmten Bewegungen, wie es bei einseitigem Training gegeben ist. Diese Störung der dynamischen Korrelation begünstigt in hohem Maße das Entstehen von Muskelzugfrakturen. Es bestehen hier fließende Übergänge zu den Zuständen, die wir als umschriebene Schädigung der Struktur oder Funktion eines Kettengliedes ansprechen können. Daraus ergibt sich, daß jede auf das einseitige Training einer Bewegung eingestellte Übung, von vornherein die latente dynamische Insuffizienz des Bewegungsapparates für andere Bewegungen erweitert. Diese unangenehme Nebenwirkung des Trainings einer Bewegung kann nur aufgehoben werden durch ein entsprechendes Hand in Hand gehendes Training des ganzen Körpers.

VIII. Einteilung der Muskelzugfrakturen.

Am Knochen kann es infolge Muskelzuges zu Kontinuitätstrennungen kommen, die total oder partiell, akut oder chronisch sein können. In der Regel werden diese Kontinuitätstrennungen an den Knochenfortsätzen erfolgen, an denen sich Muskel, Sehnen und Bänder ansetzen; sie können jedoch auch an anderen Stellen, an der Diaphyse oder Epiphyse, auftreten. Deshalb müssen wir zwischen Abrissen der Knochenfortsätze und Zerreißungen der Kontinuität unterscheiden.

Alle Teile des Bewegungsapparates sind unter normalen Verhältnissen, sowohl beim Erwachsenen wie beim Kinde den Ansprüchen des Lebens weitgehend gewachsen. Allerdings ist

durch viele praktische Beispiele erwiesen, daß es beim Erwachsenen auch ohne Schädigung der Gewebe oder der Funktion unter ungünstigen Umständen zum Entstehen einer Muskelzugfraktur ohne Wirkung einer äußeren Gewalt kommen kann. Diese ungünstigen Umstände bestehen darin, daß verschiedene im Körper gelegene Momente, die das Entstehen von Muskelzugfrakturen begünstigen, in seltener und krasser Kombination zusammentreffen. Die grundsätzliche Voraussetzung für das Zustandekommen einer Muskelzugfraktur ist daher entweder diese ungünstige Verflechtung derartiger Momente beim gesunden Menschen oder eine Schädigung des Bewegungsapparates. In allen Fällen findet die Verletzung durch Muskelaktion natürlich an der Stelle statt, die entweder pathologisch oder physiologisch die schwächste ist. Demgemäß teilen wir die Muskelzugfrakturen auch ein nach der Ätiologie:

I. Bei strukturell und funktionell normalem Gewebe.

II. Bei strukturell und funktionell verändertem Gewebe.

Zu 1. müssen wir 3 Hauptvoraussetzungen aufstellen: 1. die Versteifungsinnervation, 2. die Affektbetontheit der Bewegung, 3. die Raschheit der Bewegung. In jedem Fall von reiner Muskelzugfraktur sind diese Bedingungen erfüllt. Die Notwendigkeit der Versteifungsinnervation schließt das Vorkommen einer Muskelzugfraktur bei normalem Gewebe im frühen Kindesalter aus, weil in der ontogenetischen Entwicklung die Bahnen für die Versteifungsinnervation erst wesentlich später reif u. funktionstüchtig werden als die Bahnen für die rhythmische Bewegungsinnervation. Die Affektbetontheit verursacht eine stärkere Kontraktion, angeblich sogar eine mehr Muskelfasern umfassende Kontraktion infolge stärkerer Erregung der zuleitenden Nerven. Die Raschheit der Bewegung verursacht, wie oben ausgeführt, daß die gesamte Innervation auf den Beginn der Bewegung zusammengedrängt wird, wodurch die Kraft der Kontraktion gegenüber einer langsamen Bewegung außerordentlich verstärkt erscheint. Diese verstärkte Innervation kommt sowohl den bewegenden als auch den bremsenden Kräften zu, weshalb beide als Verletzungsursache in Betracht kommen.

Treffen die drei genannten Momente zusammen, so kann es zu einer Kraftentwicklung kommen, die die Zerreißung des normalen Knochengewebes verursachen. Dabei spielen begünstigende Momente eine Rolle, sind aber anscheinend nicht notwendige Voraussetzung. Begünstigend wirkt oft Unaufmerksamkeit und Abgelenktheit infolge Ermüdung oder anderer Umstände. Die

schweren Grade der zentralen Ermüdung führen zu funktioneller Schädigung im Bewegungsablauf und gehören in die nächste Gruppe, die uns im Sinne dieser Arbeit nicht interessiert. Schließlich müssen wir zu diesen besonders begünstigenden Umständen auch die Erweiterung der schon von vornherein bestehenden latenten dynamischen Insuffizienz des Bewegungsapparates durch einseitiges Training rechnen. Aber nur, wenn durch das Training noch keinerlei Schädigung des Gewebes erfolgt ist.

Einteilung nach der Lokalisation und Art:

I. Zerreißungen der Diaphyse.
II. Abrißfrakturen.
III. Epiphysenlösungen.

D. Epikrise.

Interessant ist an unserem Fall natürlich die Ätiologie der Verletzung.

Der Patient erleidet einen Bruch des linken aufsteigenden Sitzbeinastes und einen Einbruch des absteigenden Schambeinastes ohne Einwirkung einer äußeren Gewalt. Als wirkende Kraft kommt allein der Muskelzug in Betracht.

Wenn wir uns das Röntgenbild anschauen, so sehen wir, daß es sich um eine Abrißfraktur des aufsteigenden Sitzbeinastes dicht über dem Ansatz der starken Streckmuskulatur des Oberschenkels mit nachfolgendem Einbruch des absteigenden Schambeinastes handelt. Das Bruchstück wird etwas nach außen gezogen durch die kräftige Muskelmasse und in dieser Stellung fixiert gehalten.

Auf Grund dieses Befundes können wir nun versuchen, den Mechanismus der Verletzung beiläufig zu rekonstruieren. Da ist es klar, daß eine derartige Abrißfraktur des aufsteigenden Sitzbeinastes mit lateraler Verschiebung nur durch die Streckmuskulatur des Oberschenkels: Biceps fem. caput long., semitendinosus, semimembranosus, und den Einwärtsroller und Adduktor: Adduktor magnus erfolgen kann, die alle an dem abgerissenen Stück ansetzen. Damit diese Muskeln aber richtig wirken konnten, d. h. damit sie mit der größtmöglichen Kraft an dem abgerissenen Stück ziehen konnten, mußte das Knie ganz leicht gebeugt sein (170°).

Hier genauer darauf einzugehen, welche bestimmten Muskeln an der Fraktur des Knochens beteiligt waren, scheint mir wert-

los, da wir dabei über das unkritisch Grübelnde nie hinauskommen. Die Bewegung, die zu dem Unfall geführt hat, war so kompliziert, daß von einer genaueren Analyse gar keine Rede sein kann. Es war eine Streckung des ganzen Körpers mit gleichzeitiger Drehung nach rechts. Hier wirken alle Gelenke, Bänder und Muskeln zusammen und aufeinander, und es wäre verlorene Mühe, hier über die Innervationsgrößen der einzelnen Muskeln Betrachtungen anzustellen. Hier wird z.. B. der Spannungszustand und die Dehnung der Oberschenkelstrecker und Adduktoren durch den Zustand aller Gelenke und Muskeln, ja über die Bauch- und Rückenmuskulatur selbst durch die Streckung der Arme beeinflußt werden. Sicher ist nur, daß die früher bezeichneten Strecker und Adduktoren des Oberschenkels gezogen haben, und zwar durch aktive Kontraktion und die Adduktoren auch durch passive Überdehnung infolge Streckung des Oberschenkels bezw. des Beckens. Daß sowohl aktive Gewalt als auch passive Dehnung mitgewirkt haben, können wir wohl als sicher annehmen, wenn wir die ungeheuere Gewalt bedenken, die am aufsteigenden Sitzbeinast die Zugwirkung ausgeübt haben muß. Das über die rein machanische Grundlage der Verletzung.

Nun entsteht die Frage, wie es möglich ist, daß eine so starke Muskelwirkung zustande kommt, daß der Sitzbeinast an seiner stärksten Stelle abreißt. Vorausgesetzt ist, daß der Knochen ganz gesund war, was wir wohl annehmen müssen, da wir nicht die geringste pathologische Veränderung an dem Knochen nachweisen können.

Im Schrifttum wird fast überall das Zustandekommen einer typischen Muskelzugfraktur neben der Voraussetzung gesunden und normalen Gewebes durch eine unzweckmäßige Muskelaktion, d. h. durch eine muskuläre Koordinationsstörung erklärt. Nun habe ich in meinen allgemeinen Ausführungen schon angedeutet, daß echte Koordinationsstörungen sehr selten sind, eigentlich nur beim Übertraining der Sportsleute vorkommen und ich glaube, daß beim Zustandekommen der von mir beschriebenen Fraktur eine Koordinationsstörung nicht vorliegt. Die erste Bedingung, die von einer koordinierten Bewegung verlangt wird, die Erreichung des Zweckes und aller Einzelheiten der Aufgabe, wurde erfüllt. Der Körper wurde gestreckt und dazu gedreht wie es eben der gestellten Aufgabe entsprach. Daß das Gewebe diese Streckung und Drehung nicht ausgehalten hat, daß die Aufgabe über die Leistungsfähigkeit des Körpers hinausging, das ist eine andere Sache. Hinsichtlich der gestellten Aufgabe war die muskuläre Innervation richtig, soweit wir diese Richtigkeit überhaupt

nachweisen können. Denn wir haben keinerlei Zeichen dafür, daß sie nicht richtig war.

Außerdem wird zur Erreichung des Effektes als zweite Bedingung ein möglichst geringer Energieverbrauch verlangt, was mir in meinem Falle auch erfüllt zu sein scheint. Um nämlich von der eingenommenen Stellung aus den Körper zu strecken und zu drehen, mußte der Patient seine Muskeln eben so schnell und so stark innervieren. Man könnte anführen, daß der Patient infolge Abgespanntheit und Unaufmerksamkeit die Bewegung bezüglich des Zieles falsch intendiert hat. Sodann ist aber nur der Entwurf der Bewegung bezüglich des Zieles falsch, aber die Koordination der einmal intendierten Bewegung ist in ihrem ganzen Ablauf richtig. Der springende Punkt ist eben hier nicht bloß eine Frage der Koordination, sondern das bestehende Mißverhältnis zwischen der gestellten Aufgabe und der Beanspruchungsgrenze des Gewebes.

Es ist eine alte Erfahrungstatsache, daß derartige Abrißfrakturen immer anläßlich einer sehr schnellen Bewegung entstehen. Das ist eigentlich selbstverständlich, da durch den raschen Zug die Wirkung ungleich stärker wird und der Riß viel leichter zustande kommt als bei langsamer Kontraktion. Denn ein normaler Mensch wird diese ungeheuere Muskelspannung, die notwendig ist, um bei langsamer Kontraktion einen Knochen zu zerbrechen, nie erreichen. Es ist schon reichlich sonderbar, wenn eine Knochenzerreißung bei rascher, ruckartiger Kontraktion stattfindet.

Es ist nicht verwunderlich, daß diese ruckartige plötzliche Kontraktion des Muskels in vielen Fällen durch eine Affekthandlung infolge einer Überraschung oder infolge Erschreckens ausgelöst wird. Denn bei diesen Gelegenheiten kommt es eben zu schnellen Bewegungen. Eine sehr rasche und eine sehr starke Bewegung sind jedoch noch keine inkoordinierte Bewegung.

Wir müssen bedenken, wie stark die Zunahme der Muskelzugfrakturen durch den Sport und als Folge einseitiger Muskelarbeit ist, dann kommen wir auf die wirkliche Ursache derartiger Abrißfrakturen. Die Schuld an der Entstehung der von mir beschriebenen Fraktur muß also notwendigerweise in einer Veränderung des Gewebes gelegen sein. Diese Veränderung muß sich in einem Mißverhältnis zwischen der Muskelkraft und der Knochenfestigkeit äußern. Entweder der Muskel ist zu stark oder der Knochen ist zu schwach, oder beides ist der Grund für dieses Mißverhältnis.

Zweifellos erscheint mir die Muskelkraft in meinem Falle ganz anormal stark. Schon bei der Inspektion fällt mir auf, daß die Muskelmaße insbesondere am Oberschenkel außergewöhnlich groß ist; das Muskelrelief ist sehr ausgesprochen, der Tonus ein sehr hoher, wie man durch Fingerdruck feststellen kann. Die Maße des Oberschenkels sind ungewöhnlich groß für einen fettarmen jungen Mann. Er treibt Sport, der besonders die Muskulatur der Beine anstrengt, Klettern, Schwimmen, Skifahren. Nach alldem kann man sagen, daß man es mit einer Stärkung der Muskulatur zu tun hat, die über die Grenzen des Normalen hinausgeht.

Das Röntgenbild zeigt, wie schon mehrmals betont, einen ganz normalen Knochen. Das Gesetz von der funktionellen Anpassung des Knochens besteht auch hier. Trotzdem kann sich ein Mißverhältnis zur Muskulatur herausbilden. Denn in dem Maße wie die Stärke der Muskulatur, wächst die Zugfestigkeit des Knochens nicht. Er wird sich den gestellten funktionellen Anforderungen gerade anpassen, aber die Spannweite, die beim normalen Menschen zwischen gewöhnlicher funktioneller Inanspruchnahme und extremer Zugfestigkeit des Knochens besteht, wird sich verkleinern. Daher reicht diese Zugfestigkeit schon bei geringem Überschreiten der gewohnten funktionellen Belastung nicht mehr aus. Jedenfalls besteht ein Mißverhältnis zwischen Muskulatur und Knochen und das ist die Ursache für die Verletzung.

Der Patient betreibt Klettern, Schwimmen, Skifahren, alles Sportarten, die bestimmte Muskelgruppen, darunter die Adduktoren und Oberschenkelstrecker bevorzugt beanspruchen und ein einseitiges Training darstellen. Dadurch kann es im Laufe der Zeit wohl zu einer Veränderung der einseitig überanstrengten Muskulatur kommen, die in einer Hypertrophie, Spannungserhöhung und Herabsetzung der Dehnbarkeit besteht. Es entsteht ein latentes Mißverhältnis der Bestandteile des Bewegungsapparates, eine relative Dynamische Insuffizienz des Knochens. Bei irgendeiner unglücklichen Bewegungskombination, wenn diese veränderten Muskeln während einer starken Kontraktion auch extrem gedehnt werden, wird nun die latente Dynamische Insuffizienz des Knochens manifest. Es kommt, wie bei dem Patienten, zur Zerreißung des Knochens durch ein Mißverhältnis zwischen Knochenfestigkeit und Muskelkraft infolge Gewebsveränderungen, die durch einseitige Muskelarbeit entstanden sind.

So hatte der Patient sich eine Aufgabe gestellt, der er körperlich nicht gewachsen war. Er hat eine Bewegung ausgeführt, die

die Elastizitätsgrenze seiner Gewebe überschritten hat. Man muß daher annehmen, daß er sich im Augenblick, als er den Entschluß zu dieser Bewegung faßte, über den Zustand seiner Gewebe nicht im Klaren war. Da er seine Erfahrungen über den Elastizitätsgrad seiner Gewebe zu einer Zeit gesammelt hat, da seine Muskulatur noch nicht verändert war, so war er über den Zustand seiner Gewebe eben falsch orientiert. Daher war es möglich, daß er eine falsche Bewegung ausgeführt hat. Es ist wahrscheinlich, daß auch die Unaufmerksamkeit und die Überraschung dabei mitwirkten, daß der Patient den Zustand der Gewebe nicht richtig eingeschätzt hat. Er hat in seiner Überraschung ein inneres Hindernis gegen die Ausführung seiner Bewegung übersehen, d. h. den passiven Widerstand seines Gewebes falsch eingeschätzt.

Somit war also der Entschluß zu einer Bewegung falsch, die zu einer Verletzung führen mußte, nachdem nach Fassung des Entschlusses, die Koordination vollkommen in Ordnung war.

Es bleibt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Hubert Gebele für die gütige Übernahme des Referates zu danken.

Literatur.

1. Baetzner, W.: Die Pathologie der Funktion. Zbl. Chir. 1929, 1320. Sportschäden am Bewegungsapparat. Wien und Berlin, Urban & Schwarzenberg 1927.
2. Landois-Rosemann: Lehrbuch der Physiologie, Wien und Berlin, Urban & Schwarzenberg 1932.
3. Lexer-Küttner-Garré: Handbuch der prakt. Chirurgie 4, 293. Stuttgart 1927 F. Enke.
4. Lindhard, J.: Der Skelettmuskel und seine Funktion. Erg. Physiolog. 33, 337 (1931).
5. Maydl: Über subkutane Muskel- und Sehnenzerreißungen sowie Rißfrakturen. Dtsch. Zbl. Chir. 17, 306; 18, 35 (1882).
6. Müller, W.: Die normale und pathologische Physiologie des Knochens. Leipzig: Joh. Ambros. Barth. 1924.
7. Payr, E.: Die kinetische Kette — Tonuspathologie. Acta chir. scand. 72, 318 (1932).
8. Sherrington: Zitat nach Landois-Rosemann.
9. Wachholder, K.: Willkürliche Haltung und Bewegung, insbesondere im Lichte elektrophysiol. Untersuchungen. Erg. Physiolog. 26, 568 (1928).

Lebenslauf.

Ich, Fritz Bermüller, wurde am 15. September 1909 als erstes Kind des Oberpostsekretärs Georg Bermüller und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Hoppenthaller, in Freilassing geboren. Hier besuchte ich zunächst die ersten 4 Klassen der Volkshauptschule. Daraufhin trat ich im September 1921 in die 1. Klasse des humanistischen Bundesgymnasiums zu Salzburg ein. Nachdem ich alle Klassen dieser Schule durchlaufen hatte, erwarb ich mir im Sommer 1929 das Reifezeugnis. Meinen Neigungen gemäß wandte ich mich an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München dem Studium der Medizin zu. Dort legte ich im Jahre 1932 die ärztliche Vorprüfung ab und auch ohne Studienortswechsel im Herbst 1935 das Staatsexamen.